

1/19/1 DIALOG(R)File 351:Derwent WPI (c) 2003 Thomson Derwent. All rts. reserv.

010222520 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1995-123775/199517

Related WPI Acc No: 1995-140357

XRPX Acc No: N95-097908

**Radar distance measurement arrangement - has frequency converter for microwave radar module enabling use of higher transmission/reception frequencies**

Patent Assignee: ENDRESS & HAUSER GMBH & CO (ENDR )

Inventor: BURGER S; OTTO J

Number of Countries: 019 Number of Patents: 006

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 4331353	A1	19950323	DE 4331353	A	19930915	199517 B
			DE 4345242	A	19930915	
WO 9508128	A1	19950323	WO 94EP3044	A	19940912	199517
DE 4331353	C2	19950831	DE 4331353	A	19930915	199539
EP 669006	A1	19950830	EP 94928334	A	19940912	199539
			WO 94EP3044	A	19940912	
JP 7508837	W	19950928	WO 94EP3044	A	19940912	199547
			JP 95508979	A	19940912	
US 5659321	A	19970819	WO 94EP3044	A	19940912	199739
			US 95433440	A	19950510	

Priority Applications (No Type Date): DE 4345242 A 19930915; DE 4331353 A 19930915

Cited Patents: EP 54335; GB 2010036; GB 2040623

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
DE 4331353	A1		7 B		Div ex application DE 4345242 Div in patent DE 4345242
WO 9508128	A1	G	14 B		
Designated States (National): CA JP US					
Designated States (Regional): AT BE CH DE DK ES FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE					
DE 4331353	C2		7 B		
EP 669006	A1	G	7 B		Based on patent WO 9508128
Designated States (Regional): DE FR GB IT SE					
JP 7508837	W		7 B		Based on patent WO 9508128
US 5659321	A		7 B		Based on patent WO 9508128

Abstract (Basic): DE 4331353 A

The arrangement has a radar module (1) with a connection (A) for a transmitter/receiver antenna (7) for transmitting microwaves to the surface of an object (8) and receiving echo microwaves from the object. An evaluation circuit determines the distance from the antenna to the object surface from the microwave transition time.

A frequency converter (2) connected to the radar module connection has a local oscillator (5), a mixer (4) and an antenna connection (B). It converts the signal received from the radar module from a lower frequency (f1) to a higher frequency (f3) by mixing it with the local oscillator frequency (f2) and passes it to the antenna. The converter reduces the signal received from the antenna to the lower frequency and passes it to the radar module.

USE/ADVANTAGE - Esp for level measurement. The frequency range of operation is extended upwards at acceptable cost using a relatively low frequency microwave generator.

Dwg.2/2

Abstract (Equivalent): DE 4331353 C

The radar equipment described has been designed for measuring the height of the liquid in a container. It has a module (1), which includes a connection (A) for an antenna to transmit e.m. waves to the surface of the liquid (8) measuring its distance from the antenna and to receive the echo waves reflected from the surface, and also an evaluating unit which determines the distance from the transmit time.

The equipment includes a frequency converter (2) with a local oscillator (5), a mixer (4) and an antenna terminal (B).

USE/ADVANTAGE - Suitable for FMCW system. High frequencies are used, improving accuracy, and there are many applications in industry.

Dwg.2/2

Abstract (Equivalent): US 5659321 A

A radar level measuring device comprising:

(a) an antenna for emitting microwaves toward the surface of a material in a container and for receiving the echo waves reflected from the surface;

(b) a radar module having an input/output port for delivering a microwave signal having a first frequency  $f_1$ , the radar module comprising an evaluation circuit for determining, from the received echo signals, the transit time of the microwaves to the material surface and back; and

(c) a frequency converter circuit having a first converter circuit port connected to the input/output port of the radar module and a second converter circuit port connected to the antenna, the frequency converter circuit comprising:

(1) a local oscillator for generating an output signal having a second frequency  $f_2$ , the local oscillator including an output port;

(2) a mixer having

(i) a first mixer port connected to the output port of the local oscillator;

(ii) a second mixer port through which signals can be transmitted to and received from the radar module; and

(iii) a third mixer port through which signals can be transmitted to and received from the antenna;

(3) a low pass filter having a cut-off frequency that is higher than the first frequency  $f_1$ , the low pass filter having a first low pass filter port connected to the first converter circuit port and a second low pass filter port connected to the second mixer port; and

(4) a high pass filter having a cut-off frequency that is less than a third frequency  $f_3$  corresponding to the sum of the first frequency  $f_1$  and the second frequency  $f_2$ , the high pass filter having a first high pass filter port connected to the second converter circuit port and a second high pass filter port connected to the third mixer port;

wherein the mixer is adapted for

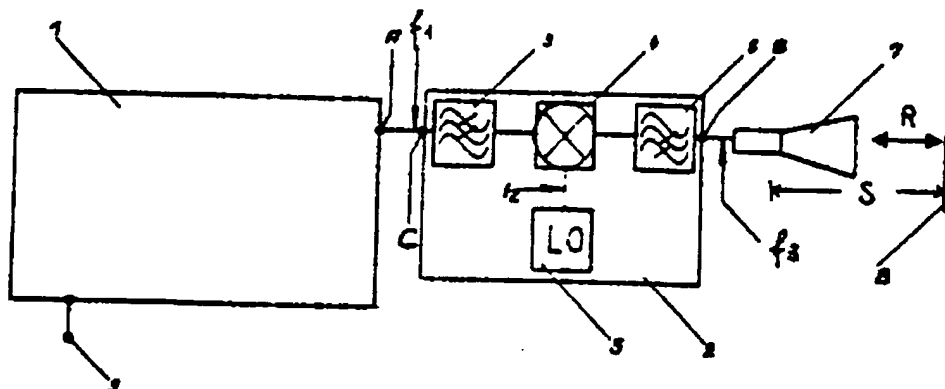
1. mixing the output signal from the local oscillator having the second frequency  $f_2$  with the signal from the radar module having the first frequency  $f_1$ , to generate signals delivered at the third mixer port having the third frequency  $f_3$  and a frequency corresponding to the difference of the first frequency  $f_1$  and the second frequency  $f_2$ ; and

2. mixing the output signal from the local oscillator having the second frequency  $f_2$  with a signal from the antenna having the third frequency  $f_3$ , to generate signals delivered to the second mixer port having a frequency corresponding to the sum of the second frequency  $f_2$  and the third frequency  $f_3$  and the first frequency  $f_1$  corresponding to the difference of the second frequency  $f_2$  and the third frequency  $f_3$

wherein a bi-directional signal path is established between the radar module and the antenna via the two converter circuit ports of the frequency converter circuit, the low pass filter the mixer, and the

high pass filter to permit use of the radar module delivering the first frequency  $f_1$  for level measurement at the third frequency  $f_3$  which is higher than the first frequency  $f_1$ .

Dwg.2/2



Title Terms: RADAR; DISTANCE; MEASURE; ARRANGE; FREQUENCY; CONVERTER;  
MICROWAVE; RADAR; MODULE; ENABLE; HIGH; TRANSMISSION; RECEPTION;  
FREQUENCY

Derwent Class: S02; W06

International Patent Class (Main): G01S-013/08; G01S-013/88

International Patent Class (Additional): G01B-015/00; G01B-017/00;  
G01F-023/28; G01S-007/03; H03D-007/00; H03D-009/06

File Segment: EPI

Manual Codes (EPI/S-X): S02-A05B; S02-C06D; W06-A04A1; W06-A04F

Derwent WPI (Dialog® File 351): (c) 2003 Thomson Derwent. All rights reserved.

© 2003 Dialog, a Thomson business



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 43 31 353 A 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
G 01 S 13/08  
G 01 S 13/88  
H 03 D 7/00  
G 01 F 23/28  
G 01 B 17/00

21 Aktenzeichen: P 43 31 353.1  
22 Anmeldetag: 15. 9. 93  
43 Offenlegungstag: 23. 3. 95

DE 43 31 353 A 1

71 Anmelder:  
Endress + Hauser GmbH + Co, 79689 Maulburg, DE

74 Vertreter:  
Prinz, E., Dipl.-Ing.; Leiser, G., Dipl.-Ing.;  
Schwepfinger, K., Dipl.-Ing.; Bunke, H., Dipl.-Chem.  
Dr.rer.nat.; Degwert, H., Dipl.-Phys., Pat.-Anwälte,  
81241 München

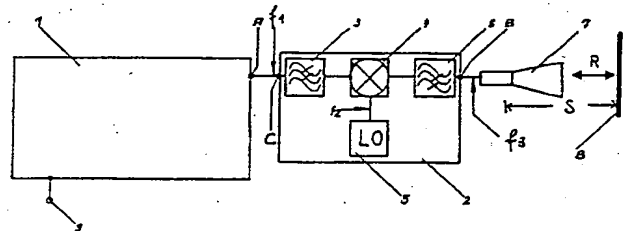
62 Teil in: P 43 45 242.6

72 Erfinder:  
Burger, Stefan, 79108 Freiburg, DE; Otto,  
Johanngeorg, Dr., 79688 Hausen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Radar-Abstandsmeßgerät

57 Ein herkömmliches Radarmodul (1) für Füllstandsmessungen ist für den Betrieb innerhalb eines bestimmten, eng begrenzten Frequenzbereichs ausgelegt. Um ohne jeden Eingriff in dieses bestehende Radarmodul (1) Füllstandsmessungen bei einer wesentlich höheren Frequenz durchführen zu können, wird zwischen der für diese höhere Frequenz ausgelegten Sende/Empfangs-Antenne (7) und dem Antennenanschluß (A) des Radarmoduls (1) eine Frequenzumsetzungsschaltung (2) eingefügt. Diese mit geringem Aufwand zu verwirklichende Frequenzumsetzungsschaltung (2) setzt in Richtung vom Radarmodul (1) zur Antenne (7) die niedrigere in die hohe und in entgegengesetzter Richtung die hohe in die niedrigere Frequenz um.



DE 43 31 353 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 01. 95 408 082/40

8/34

Die Erfindung betrifft ein Radar-Abstandsmeßgerät, insbesondere Füllstandsmeßgerät, sowie eine Frequenzumsetzungsschaltung zur Verwendung in dem Radar-Abstandsmeßgerät.

Zur berührungslosen Abstandsmessung mit Mikrowellen sind besonders das Pulsradar und das Frequenzmodulation-Dauerstrichradar (FMCW-Radar) bekannt. Beim Pulsradar werden periodisch kurze Mikrowellen-Sendeimpulse ausgesendet, die von dem zu messenden Objekt reflektiert und nach einer abstandsabhängigen Laufzeit als Echosignal wieder empfangen werden. Die zeitliche Lage des Echsignals innerhalb jeder Sende/Empfangs-Periode entspricht beim Pulsradar unmittelbar dem Abstand des zu messenden Objekts. Bei dem FMCW-Radar wird eine kontinuierliche Mikrowelle ausgesendet, die periodisch linear frequenzmoduliert ist, beispielsweise nach einer Sägezahnfunktion. Die Frequenz jedes empfangenen Echsignals weist daher gegenüber der Augenblicksfrequenz, die das Sendesignal im Zeitpunkt des Empfangs hat, eine Frequenzdifferenz auf, die von der Laufzeit des Echsignals abhängt. Die Frequenzdifferenz zwischen Sendesignal und Empfangssignal, die durch Mischung beider Signale und Auswertung des Fourierspektrums des Mischsignals gewonnen werden kann, entspricht somit dem Abstand der reflektierenden Oberfläche des Objekts von der Sende/Empfangs-Antenne.

Bei der Abstandsmessung mit Radar wird angestrebt, mehrere im Ausbreitungsweg der Mikrowellen in kurzem Abstand hintereinander angeordnete Objekte, die etwa gleiches Reflexionsvermögen aufweisen, auflösen zu können, um das zu messende Objekt, insbesondere die Füllstandsoberfläche, von Behältereinbauten oder dergleichen unterscheiden zu können. Für eine geforderte Abstandsauflösung von 15 cm darf die Länge der Sendeimpulse bei einem Pulsradar höchstens 1 ns betragen. Bei Anwendung des FMCW-Verfahrens muß für dieselbe Abstandsauflösung die Frequenz des Sendesignals um mindestens 1 GHz verändert werden können, z. B. von 4,8 GHz auf 5,8 GHz. Höhere Sendefrequenzen von beispielsweise 24 GHz sind insofern vorteilhaft, als durch die verbesserte Bündelung in kleineren oder schmaleren Behältern gemessen werden kann, ein höherer Gewinn mit kleineren Antennen erzielt wird und die Hochfrequenzdurchführung an Behältern mit hohem Innendruck vereinfacht wird. Gegen die Anwendung erhöhter Sendefrequenzen spricht allerdings der damit verbundene erhöhte Aufwand. Ferner gibt es Anwendungen, bei denen die Verwendung einer niedrigeren Sendefrequenz günstiger ist, beispielsweise bei zur Schaumbildung neigenden Flüssigkeitsoberflächen. Es besteht somit ein Bedarf für Radar-Abstandsmeßgeräte, die mit erhöhter Sendefrequenz arbeiten können; zugleich besteht aber weiterhin der Bedarf für Radar-Abstandsmeßgeräte, die mit vergleichsweise niedriger Sendefrequenz von beispielsweise 5,8 GHz arbeiten.

Die verfügbaren Füllstandsmeßgeräte sind jedoch jeweils für einen bestimmten Frequenzbereich ausgelegt. Durch den vorgegebenen Frequenzbereich herkömmlicher Abstandsmeßgeräte werden ihre Einsatzmöglichkeiten eingeschränkt.

Durch die Erfindung wird es nun durch mäßigen Aufwand erreicht, den Einsatzbereich vorhandener Radar-Abstandsmeßgeräte, insbesondere Füllstandsmeßgeräte, zu wesentlich höheren Frequenzen hin zu erweitern. Ausgegangen wird von einem Radar-Abstandsmeßge-

rät, mit einem Radarmodul, das z. B. einen Generator zur Erzeugung von Mikrowellen in einem relativ niedrigen Frequenzbereich, einen Strahlteiler, einen Mischer, einen Koppler und eine Auswerte-Schaltung aufweist. Der Strahlteiler besitzt einen mit dem Ausgang des Generators verbundenen Eingang und zwei Ausgänge. Der Mischer weist einen Ausgang und zwei Eingänge auf, von denen der erste mit einem der Ausgänge des Strahlteilers und der zweite mit einem der drei Anschlüsse des Kopplers verbunden ist. Der andere Ausgang des Strahlteilers ist mit einem weiteren Anschluß des Kopplers verbunden. Der dritte Anschluß des Kopplers bildet einen Antennenanschluß, an den eine Sende/Empfangs-Antenne angeschlossen werden kann, die für den relativ niedrigen Frequenzbereich, beispielsweise 5,8 GHz, ausgelegt ist. Mittels dieser Sende/Empfangs-Antenne können Sendewellen mit einer innerhalb dieses Frequenzbereichs liegenden Frequenz zur Oberfläche eines Gegenstandes ausgesendet werden, dessen Abstand von der Antenne gemessen werden soll. Über dieselbe Antenne werden die an der Oberfläche des Gegenstandes reflektierten Echowellen empfangen. An den Ausgang des Mixers ist schließlich die Auswerte-Schaltung des Radarmoduls angeschlossen, die aus den dort abgegebenen Signalen die Laufzeit der Mikrowellen zur Oberfläche des Gegenstandes ermittelt und daraus deren Abstand bestimmt.

Unter Verwendung desselben, unveränderten Radarmoduls, das für eine relativ niedrige Sendefrequenz ausgelegt ist, wird es nun durch die Erfindung ermöglicht, bedarfsweise bei einer deutlich höheren Sendefrequenz zu arbeiten. Durch die Erfindung wird eine Frequenzumsetzungsschaltung geschaffen, die zwischen dem Antennenanschluß des unveränderten Radarmoduls und einer vorzugsweise für den höheren Frequenzbereich ausgelegten Sende/Empfangs-Antenne eingefügt werden kann. Diese Frequenzumsetzungsschaltung enthält einen bidirektionalen Signalweg zwischen einem an den Antennenanschluß des Radarmoduls anschließbaren Ein/Ausgangs-Anschluß und einem eigenen Antennenanschluß sowie einen Lokaloszillator und einen Mischer, der sowohl die Frequenz  $f_1$  der Signale am Ein/Ausgangs-Anschluß durch Mischung mit der Frequenz  $f_2$  des Lokaloszillators in die höhere Frequenz  $f_3$  umsetzt, mit der die Signale am eigenen Antennenanschluß abgegeben werden, als auch die Frequenz  $f_3$  der an diesem Antennenanschluß empfangenen Signale durch Mischung mit der Frequenz  $f_2$  des Lokaloszillators in die Frequenz  $f_1$  umsetzt, mit der die Signale an den Ein/Ausgangs-Anschluß abgegeben werden. Obwohl die Sendewellen, mit denen die Abstandsmessung erfolgt, in einem Frequenzbereich liegen, der um ein Mehrfaches höher liegt als die Arbeitsfrequenz des Radarmoduls, werden in diesem Radarmodul nur Signale mit seiner Arbeitsfrequenz verarbeitet. Es sind daher keinerlei Änderungen dieses Radarmoduls erforderlich. Der Aufwand zur Realisierung der Frequenzumsetzungsschaltung ist erheblich geringer als der für eine Neukonzeption des gesamten Abstandsmeßgeräts. Er ist auch geringer als bei einer allenfalls in Betracht kommenden Anwendung einer Frequenzumsetzung innerhalb einer bestehenden Gesamtkonzeption des Abstandsmeßgeräts. So enthält die Frequenzumsetzungsschaltung nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung lediglich einen Lokaloszillator, einen Mischer, vorzugsweise ein Tiefpaßfilter und bei Bedarf ein Hochpaßfilter. Von den drei Anschlüssen des Mixers ist der erste mit dem Ausgang des Lokaloszillators, der zweite mit dem

einen Anschluß des Tiefpaßfilters und der dritte mit dem einen Anschluß des Hochpaßfilters verbunden. Der zweite Anschluß des Tiefpaßfilters wird mit dem Antennenanschluß des Radarmoduls verbunden, und die Sende/Empfangs-Antenne wird an den zweiten Anschluß des Hochpaßfilters angelegt, der den Antennenanschluß der zwischengefügten Frequenzumsetzungsschaltung bildet. Die Grenzfrequenz des Tiefpaßfilters liegt vorzugsweise am oberen Ende des niedrigen Frequenzbereichs, und die des Hochpaßfilters vorzugsweise am unteren Ende des höheren Frequenzbereichs. Bei dieser Ausführung "sieht" das vorhandene Abstandsmeßgerät nur Signale innerhalb des ersten Frequenzbereichs, und die Sende/Empfangs-Antenne wird nur mit Signalen innerhalb des zweiten Frequenzbereichs betrieben.

Die Frequenzbereiche um 5,8 GHz und 24,125 GHz sind Industriebänder, bei denen die Möglichkeit besteht, Radar-Füllstandsmeßgeräte außerhalb von geschlossenen metallischen Behältern zu betreiben. Vorteilhaft sind daher Ausführungen, bei denen das Radarmodul mit der Frequenz von 5,8 GHz arbeitet und die Frequenzumsetzungsschaltung diesen Wert auf eine erhöhte Sendefrequenz von etwa 24 GHz umsetzt.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung einer vorteilhaften Ausführungsform anhand der Zeichnungen. In den Zeichnungen zeigen

Fig. 1 das Prinzip eines mit Mikrowellen arbeitenden Füllstandsmeßgerätes; und

Fig. 2 das Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Füllstandsmeßgerätes.

Fig. 1 zeigt als bevorzugte Anwendung die Messung des Füllstandes in einem Behälter 10, der bis zu einer Höhe H mit einem Füllgut 12 gefüllt ist.

Zur Messung des Füllstands H ist oberhalb des Behälters 10 eine Antenne 14 angebracht, mit der eine elektromagnetische Welle zur Oberfläche des Füllguts 12 gesendet und die an dieser Oberfläche reflektierte Echowelle empfangen werden kann. Die ausgesendete elektromagnetische Welle wird durch eine Sendeschaltung 16 erzeugt, deren Ausgang sowohl mit einem Frequenzmischer 18 als auch mit einem Zirkulator 19 verbunden ist, an den die Antenne 14 angeschlossen ist. Der Frequenzmischer 18 ist ferner mit dem Zirkulator 19 und mit einer Empfangs- und Auswerte-Schaltung 20 verbunden, die aus dem der Antenne 14 von der Sendeschaltung 16 zugeführten Sendesignal und dem von der Antenne 14 gelieferten Empfangssignal die Entfernung E zwischen der Antenne 14 und der Oberfläche des Füllguts 12 ermittelt. Da der Abstand D der Antenne 14 vom Boden des Behälters 10 bekannt ist, ergibt die Differenz zwischen diesem Abstand D und der gemessenen Entfernung E den gesuchten Füllstand H.

Zur Erzielung von geringeren Störreflexionen muß mit relativ kurzen Wellen gearbeitet werden, die im Mikrowellenbereich liegen. Die Antenne 14 ist natürlich für die Aussendung und den Empfang von so kurzen Wellen ausgebildet; sie ist beispielsweise mit einem Hornstrahler ausgestattet, wie in Fig. 1 angedeutet ist.

Für die Messung der Entfernung E kann jedes aus der Radartechnik bekannte Verfahren angewendet werden. Alle diese Verfahren beruhen darauf, die Laufzeit der elektromagnetischen Wellen von der Antenne zur reflektierenden Oberfläche und zurück zur Antenne zu messen. Da die Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen bekannt ist, kann aus der gemessenen Laufzeit die zurückgelegte Strecke berechnet werden.

Ein bekanntes Radarverfahren ist das Pulsradar, bei dem periodisch kurze Sendeimpulse ausgesendet werden und in einer sich an jede Aussendung eines Sendeimpulses anschließenden Empfangsphase die Echosi-  
gnale mit der Frequenz des Sendeimpulses erfaßt werden. In diesem Fall stellt die im Verlauf jeder Empfangs-  
phase empfangene Signalamplitude über der Zeit unmittelbar die Echofunktion dar. Jeder Wert dieser Echofunktion entspricht der Amplitude eines in einem bestimmten Abstand von der Antenne reflektierten Echos. Die Lage des Nutzechos in der Echofunktion zeigt daher unmittelbar die zu messende Entfernung an.

Die direkte Messung der Laufzeit wird bei dem Frequenzmodulations-Dauerstrichverfahren (FMCW-Verfahren) vermieden. Bei diesem Verfahren wird eine kontinuierliche Mikrowelle ausgesendet, die periodisch linear frequenzmoduliert ist, beispielsweise nach einer Sägezahnfunktion. Die Frequenz jedes empfangenen Echsignals weist daher gegenüber der Augenblicksfrequenz, die das Sendesignal im Zeitpunkt des Empfangs hat, eine Frequenzdifferenz auf, die von der Laufzeit des Echsignals abhängt. Die Frequenzdifferenz zwischen Sendesignal und Empfangssignal, die durch Mischung beider Signale und Auswertung des Fourierspektrums des Mischsignals gewonnen werden kann, entspricht somit dem Abstand der reflektierenden Fläche von der Antenne.

Bei dem in Fig. 2 gezeigten Blockschaltbild ist innerhalb einer Umrahmung ein Radarmodul 1 von herkömmlicher Bauart dargestellt. Das Radarmodul 1 kann aus Einzelkomponenten aufgebaut sein, ist jedoch vorzugsweise als Gesamtschaltung auf einem Substrat realisiert. Im Inneren des Radarmoduls 1 ist ein Generator zur Erzeugung von Mikrowellen der Frequenz  $f_1$  vorgesehen, die innerhalb eines ersten Frequenzbereichs liegt und beispielsweise 5,8 GHz beträgt.

Das Radarmodul 1 ist mit einem Antennenanschluß A versehen, an den in herkömmlicher Weise und bei Bedarf eine für die Frequenz  $f_1$  geeignete Sende/Empfangs-Antenne angeschlossen werden kann. An einem Ausgang 9 des Radarmoduls 1 sind die von diesem abgegebenen Meßwerte verfügbar.

Die bisher beschriebene Anordnung bildet unter der Voraussetzung, daß an den Antennenanschluß A des Radarmoduls 1 eine für die Frequenz  $f_1$  ausgelegte Sende/Empfangs-Antenne angelegt ist, ein herkömmliches Füllstandsmeßgerät.

Gemäß der in Fig. 2 veranschaulichten Erfindung ist aber vorgesehen, am Antennenanschluß A des Radarmoduls 1 anstelle der für die Frequenz  $f_1$  ausgelegten Sende/Empfangs-Antenne bei Bedarf eine Frequenzumsetzungsschaltung 2 anzuschließen, die ihrerseits eine für einen weitaus höheren Frequenzbereich ausgelegte Sende/Empfangs-Antenne 7 speist, die wiederum als Hornantenne dargestellt ist. Der Gegenstand, dessen Abstand S von dieser Antenne 7 gemessen werden soll, ist symbolisch gegenüber der Hornöffnung dargestellt und mit 8 bezeichnet. Bei einem Füllstandsmeßgerät ist die Oberfläche des Gegenstandes 8 durch die Oberfläche des Füllgutes gebildet (Fig. 1). Die Frequenz  $f_2$ , mit der die Sende/Empfangs-Antenne 7 betrieben wird, kann mehr als das Dreifache der Frequenz  $f_1$  betragen und liegt vorzugsweise bei etwa 24 GHz.

Die Frequenzumsetzungsschaltung 2 kann sehr einfach aufgebaut sein. Bei der bevorzugten, in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform besteht sie aus einem Mischer 4, einem Lokaloszillator 5, einem Tiefpaßfilter 3 sowie einem Hochpaßfilter 6. Das Tiefpaßfilter 3, dessen

Grenzfrequenz etwas höher liegt als die Frequenz  $f_1$ , beispielsweise bei 7 GHz, wird an seinem ersten Anschluß mit einem Ein/Ausgangs-Anschluß C verbunden, der mit dem Antennenanschluß A des Radarmoduls 1 verbunden werden kann, und an seinem zweiten Anschluß mit einem der drei Anschlüsse des Mischers 4 verbunden ist. Der zweite Anschluß des Mischers 4 ist mit dem ersten Anschluß des Hochpaßfilters 6 verbunden, dessen Grenzfrequenz etwas niedriger als die Frequenz  $f_3$  liegt, beispielsweise bei 23 GHz. Der zweite Anschluß des Hochpaßfilters 6 bildet den Antennenanschluß B für die Sende/Empfangs-Antenne 7. Der dritte Anschluß des Mischers 4 wird schließlich durch den Lokaloszillator 5 mit einer Frequenz gespeist, deren Wert das Verhältnis der Frequenzen  $f_1$  und  $f_3$  zueinander bestimmt. Wenn die Frequenz  $f_1$  5,8 GHz und die Frequenz  $f_3$  24 GHz beträgt, so muß die Frequenz des Lokaloszillators 5 18,2 GHz betragen.

Das am Ein/Ausgangs-Anschluß C der Frequenzumsetzungsschaltung 2 ankommende Signal der Frequenz  $f_1$  gelangt über den Tiefpaß 3 zu dem Mischer 4 und wird mit der Frequenz  $f_2$  des Lokaloszillators 5 gemischt, wodurch in bekannter Weise die Frequenzen

$$\begin{aligned} f_3 &= f_2 + f_1 \\ \text{und} \\ f_4 &= f_2 - f_1 \end{aligned}$$

entstehen. Der Mischer 4 muß für die jeweils benötigte Bandbreite ausgelegt sein. Die Frequenzumsetzungsschaltung 2 bildet einen bidirektionalen Signalweg zwischen dem Ein/Ausgangs-Anschluß C und dem Antennenanschluß B. In reziproker Weise gelangen die von der Oberfläche des Gegenstands 8 reflektierten Signale vom Antennenanschluß B und über das Hochpaßfilter 6 mit der Frequenz  $f_3$  zu dem Mischer 4 und werden mit der Frequenz  $f_2$  des Lokaloszillators 5 durch Mischung umgesetzt, wobei die Frequenzen

$$\begin{aligned} f_5 &= f_3 + f_2 \\ \text{und} \\ f_6 &= f_3 - f_2 \end{aligned}$$

entstehen.

Es wird nun die Arbeitsweise des Füllstandsmeßgerätes beschrieben.

Das am Antennenanschluß A des Radarmoduls 1 abgegebene Mikrowellensignal der Frequenz  $f_1$  wird durch die Frequenzumsetzungsschaltung 2 in die Frequenz  $f_3$  umgesetzt und von der Sende/Empfangs-Antenne 7 gegen die Oberfläche des Gegenstands 8 abgestrahlt. Das von der Oberfläche des Gegenstands 8 zurückreflektierte Echosignal R wird von der Sende/Empfangs-Antenne 7 aufgenommen und durch die Frequenzumsetzungsschaltung 2 in die Frequenz  $f_1$  zurücktransformiert. Es erscheint am Antennenanschluß A des Radarmoduls 1 und wird der weiteren Verarbeitung in dessen Auswerte-Schaltung zugeführt. Diese Auswerte-Schaltung ermittelt insbesondere aus der zeitlichen Lage des Echosignals innerhalb jeder Sende/Empfangs-Phase die Laufzeit der Mikrowellen zwischen einem Bezugspunkt der Sende/Empfangs-Antenne 7 und der Oberfläche des Gegenstands 8, um aus der Laufzeit über die bekannte Ausbreitungsgeschwindigkeit der Mikrowellen den Abstand S bzw. — bezogen auf die Füllstandsmessung nach Fig. 1 — den Füllstand H zu bestimmen.

In der Frequenzumsetzungsschaltung 2 bildet der Mi-

scher 4 für den Sendevorgang durch additive Mischung die Frequenz  $f_3 = f_2 + f_1$ . Die gleichzeitig erzeugte Frequenz  $f_4 = f_2 - f_1$  wird durch das Hochpaßfilter 6 unterdrückt, das nur die Frequenz  $f_3$  zur Sende/Empfangs-Antenne 7 durchläßt. Die von dieser Antenne 7 empfangenen Echosignale R der Frequenz  $f_3$  durchlaufen das Hochpaßfilter 6 unbehindert und gelangen zum Mischer 4, der sie auf die Frequenz  $f_6 = f_3 - f_2$  heruntermischet. Die Frequenz  $f_6$  stimmt mit der Frequenz  $f_1$  überein, wie durch Einsetzen in die vorstehende Gleichung für  $f_6$  leicht verifiziert werden kann. Die auf die Frequenz  $f_1$  heruntergemischten Echosignale durchlaufen nun unbehindert das Tiefpaßfilter 3, welches alle höheren Frequenzen vom Antennenanschluß A des Radarmoduls 1 fernhält. Der Radarmodul 1 "sieht" also nur Signale der Frequenz  $f_1$ , während die Sende/Empfangs-Antenne 7 nur mit Mikrowellensignalen der Frequenz  $f_3$  betrieben wird.

Es ist somit ersichtlich, daß keinerlei Veränderungen des vorhandenen Radarmoduls 1 erforderlich sind, um mit diesem eine Füllstandsmessung bei einer wesentlich höheren Frequenz auszuführen als diejenige, für die es konzipiert wurde.

Die beschriebene Ausführungsform des Abstandsmeßgeräts wird im Puls-Verfahren betrieben. Anstelle des für diese Betriebsart ausgelegten Radarmoduls 1 kann ein herkömmliches Radarmodul verwendet werden, das nach dem Frequenzmodulations-Dauerstrichverfahren (FMCW) arbeitet, oder auch jedes andere Radarmodul, das über einen gemeinsamen Sende/Empfangs-Anschluß verfügt. Die angegebenen Frequenzwerte sind zwar für Füllstandsmessungen besonders zweckmäßig, jedoch kommen je nach beabsichtigter Anwendung andere Frequenzwerte in Betracht.

Bei Verwendung eines Hohlleitersystems mit Hornantenne erübrigt sich das Hochpaßfilter 6 der Frequenzumsetzungsschaltung 2, da ein Hohlleitersystem Hochpaßcharakter besitzt.

#### Patentansprüche

1. Radar-Abstandsmeßgerät, insbesondere Füllstandsmeßgerät, mit einem Radarmodul (1), das einen Anschluß (A) für eine Sende/Empfangs-Antenne zur Aussendung von Sendewellen zur Oberfläche eines Gegenstands (8), dessen Abstand von der Antenne gemessen werden soll, und zum Empfang der an der Oberfläche reflektierten Echowellen sowie eine Auswerteschaltung enthält, die aus der Laufzeit der Mikrowellen zur Oberfläche des Gegenstands und zurück deren Abstand bestimmt;

dadurch gekennzeichnet, daß an den Anschluß (A) des Radarmoduls (1) eine Frequenzumsetzungsschaltung (2) angeschlossen ist, die einen Lokaloszillator (5), einen Mischer (4) und einen Antennenanschluß (B) aufweist und die Frequenz  $f_1$  der von dem Radarmodul (1) empfangenen Signale durch Mischung mit der Frequenz  $f_2$  des Lokaloszillators (5) in eine höhere Frequenz  $f_3$  umsetzt, mit der die Sendesignale am Antennenanschluß (B) abgegeben werden, und die Frequenz  $f_3$  der am Antennenanschluß (B) empfangenen Echosignale (R) durch Mischung mit der Frequenz  $f_2$  des Lokaloszillators (5) in die Frequenz  $f_1$  umsetzt, mit der die Empfangssignale an den Anschluß (A) des Radarmoduls (1) abgegeben werden.

2. Meßgerät nach Anspruch 1, dadurch gekenn-

- zeichnet, daß der Mischer (4) drei Anschlüsse aufweist, von denen der erste mit dem Ausgang des Lokaloszillators (5), der zweite mit einem der zwei Anschlüsse eines Tiefpaßfilters (3), dessen anderer Anschluß mit dem Anschluß (A) des Radarmoduls (1) verbunden ist, und der dritte mit dem Antennenanschluß (B) verbunden ist. 5
3. Meßgerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der dritte Anschluß des Mischers (4) über ein Hochpaßfilter (6) mit dem Antennenanschluß (B) verbunden ist. 10
4. Meßgerät nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Grenzfrequenz des Tiefpaßfilters (3) am oberen Ende eines ersten Frequenzbereichs in der Nähe der Frequenz  $f_1$  liegt, mit dem das Radarmodul (1) arbeitet. 15
5. Meßgerät nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Grenzfrequenz des Hochpaßfilters (6) am unteren Ende eines zweiten Frequenzbereichs in der Nähe der Frequenz  $f_3$  liegt. 20
6. Meßgerät nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenz des zweiten Frequenzbereichs mindestens etwa den doppelten Wert der Frequenz des ersten Frequenzbereichs aufweist. 25
7. Meßgerät nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenz  $f_1$  am Anschluß (A) des Radarmoduls (1) etwa 5,8 GHz und die Frequenz  $f_3$  am Antennenanschluß (B) etwa 24 GHz beträgt. 30
8. Frequenzumsetzungsschaltung zur Verwendung in einem Radar-Abstandsmeßgerät, insbesondere Füllstandsmeßgerät, das ein Radarmodul (1) mit einem Antennenanschluß (A) für eine Sende/Empfangsantenne aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß sie einen bidirektionalen Signalweg zwischen einem an den Antennenanschluß (A) des Radarmoduls (1) anschließbaren Ein/Ausgangs-Anschluß (C) und einem eigenen Antennenanschluß (B) sowie einen Lokaloszillator (5) und einen Mischer (4) aufweist, der sowohl die Frequenz  $f_1$  der Signale am Ein/Ausgangs-Anschluß (C) durch Mischung mit der Frequenz  $f_2$  des Lokaloszillators (5) in eine höhere Frequenz  $f_3$  umsetzt, mit der die Signale am eigenen Antennenanschluß (B) abgegeben werden, als auch die Frequenz  $f_3$  der an diesem Antennenanschluß (B) empfangenen Signale (R) durch Mischung mit der Frequenz  $f_2$  des Lokaloszillators (5) in die Frequenz  $f_1$  umsetzt, mit der die Signale an den Ein/Ausgangs-Anschluß (C) abgegeben werden. 35 40 45 50
9. Frequenzumsetzungsschaltung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Mischer (4) drei Anschlüsse aufweist, von denen der erste mit dem Ausgang des Lokaloszillators (5), der zweite mit einem der zwei Anschlüsse eines Tiefpaßfilters (3), dessen anderer Anschluß mit dem Ein/Ausgangs-Anschluß (C) verbunden ist, und der dritte mit dem eigenen Antennenanschluß (B) verbunden ist. 55
10. Frequenzumsetzungsschaltung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß der dritte Anschluß des Mischers (4) über ein Hochpaßfilter (6) mit dem eigenen Antennenanschluß (B) verbunden ist. 60



- Leerseite -

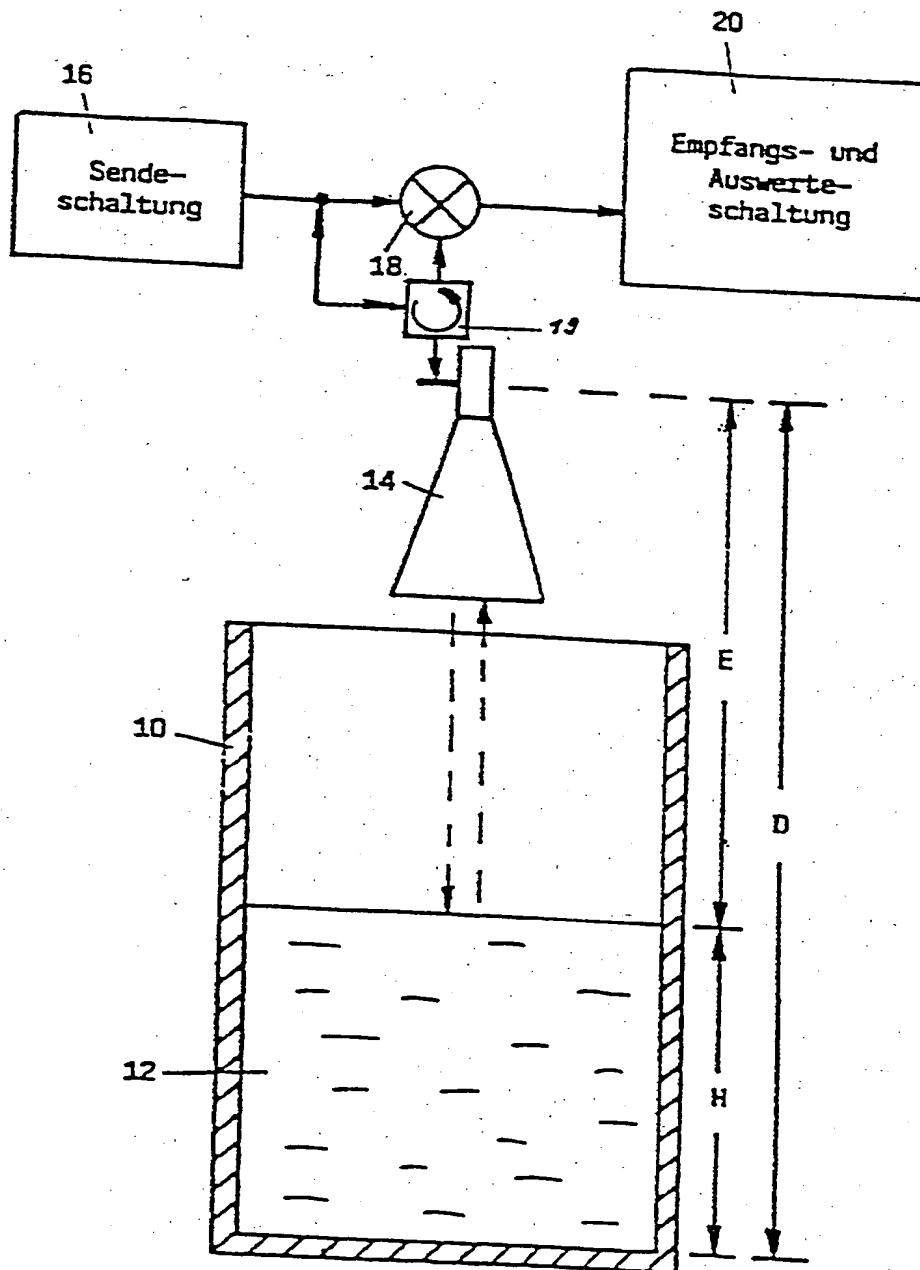


Fig.1

